Acta Œcologica
Œcol. Plant., 1984, Vol. 5 (19), n° 1, p. 89-99.

Évolution d'un taillis de châtaigniers après coupe : photosynthèse et croissance des rejets

J. Y. Pontailler, M. Leroux, B. Saugier
Laboratoire d'Écologie végétale, Université de Paris-Sud, Bâtiment 431, 91405 Orsay Cedex

RÉSUMÉ

La fixation de CO_2 par une cépée de châtaigniers a été suivie pendant le printemps suivant la coupe. Par unité de surface foliaire, elle a une valeur relativement constante et égale à 7 mg dm^{-2} h^{-1} à un éclairement supérieur à 1 mE m^{-2} s^{-1}. Cette valeur est environ le tiers de celle obtenue pour une feuille adulte sous un éclairement identique (20 mg dm^{-2} h^{-1}).

La quantité de carbone photosynthétique accumulée par la cépée a été estimée à l'aide d'un modèle simple et comparée à la variation de biomasse des parties aériennes. Les réserves carbonées de la souche sont utilisées pendant au moins sept semaines après le débourrement et représentent 80 g_{MS} pour une biomasse de souche d'environ 1 800 g_{MS}; ce chiffre a été confirmé en suivant l'évolution des glucides totaux dans les souches (Dubroca, 1983).

Mots-clés : *Châtaignier - Taillis - Photosynthèse - Réserves carbonées - Biomasse.*

SUMMARY

CO_2 fixation by a chestnut coppice element has been monitored during the spring after cutting. Per unit of leaf area, it shows a relatively constant value equal to 7 mg dm^{-2} h^{-1} at irradiance above 1 mE m^{-2} s^{-1}. This figure is about 1/3 of that obtained for a mature leaf at the same irradiance (20 mg dm^{-2} h^{-1}).

The amount of photosynthetic carbon accumulated by the coppice element has been estimated with a simple model and compared to the biomass increment of the aerial parts. Stump carbon reserves are utilised for at least seven weeks after leafing and represent 80 g_{DM} for a stump biomass of about 1,800 g_{DM}. This estimate has been confirmed by measurements of the variations in total carbohydrate content of the stump (Dubroca, 1983).

Key-words: *Chestnut - Coppice - Photosynthesis - Carbon reserves - Biomass.*

INTRODUCTION

La croissance du taillis de châtaigniers (*Castanea sativa* Miller) après coupe est connue pour être très rapide; la hauteur des rejets de la première année atteint 2 m. Un tel développement laisse présager une forte activité photosynthétique ainsi qu'une large contribution des réserves de la souche. Ce sont ces deux points que le présent travail se propose de préciser.

Les résultats présentés ici s'intègrent dans une plus vaste étude du taillis de châtaigniers développée au Laboratoire d'Écologie végétale d'Orsay et portant notamment sur : croissance et démographie des jeunes rejets, anatomie du bois, localisation et mobilisation des réserves, nécromasse. Ce programme s'inscrit dans le cadre d'une revalorisation du taillis. Les taillis simples représentent en France

quatre millions d'hectares et l'abondance du châtaignier peut y être estimée à 10 % environ. L'importance du taillis a diminué avec l'abandon progressif du bois comme source d'énergie mais les préoccupations actuelles en matière de biomasse donnent à ce mode de traitement un regain d'intérêt.

L'étude s'est déroulée en 1981 et 1982 dans le taillis de châtaigniers du bois départemental de la Tête Ronde, commune de Villiers-le-Bâcle (24 km au sud-ouest de Paris, département de l'Essonne, 2°07′ longitude est, 48°46′ latitude nord). Le taillis, alors âgé de 11 ans, a été abattu en mars et avril 1981 sur une superficie de 1 800 m^2 pour permettre l'étude du recépage et de la croissance des rejets.

Au printemps 1981, il a été procédé, sur cette parcelle, à la mesure *in situ* des échanges gazeux d'une jeune cépée. L'année suivante, une étude similaire a été menée sur ce taillis, alors dans sa 2e année, mais cette fois au niveau de la feuille.

1. — LE MILIEU

Le taillis étudié présente les traces de deux coupes successives antérieures à celle de 1981, l'une date de l'hiver 1969-1970, l'autre de l'hiver 1941-1942. La position relative des souches ne présente pas de régularité évidente, ce qui est probablement l'indice d'un taillis ancien. Il est établi sur un sol sableux lessivé podzolique développé sur des colluvions alimentées par les sables de Fontainebleau. La pente est de l'ordre de 20 %, en exposition sud.

Le taillis est presque pur, on note toutefois, les deux premières années après la coupe, l'installation de nombreuses germinations. Dans le taillis de 11 ans, seuls quelques bouleaux subsistent.

A titre indicatif, l'inventaire a donné, en 1981, les résultats suivants sur taillis de 11 ans :

— 2 600 cépées et 9 700 brins vivants à l'hectare,
— hauteur dominante du peuplement : 10,50 m,
— circonférence moyenne des brins à 1,30 m : 17,6 cm,
— biomasse aérienne : 70 tonnes à l'hectare,
— surface terrière : 28,1 m^2/ha.

2. — MATÉRIEL ET MÉTHODES

Dans tous les cas, les échanges gazeux ont été évalués grâce à un analyseur de CO_2 à infrarouges fonctionnant en absolu et alimenté par un groupe électrogène de 300 W (ADC 225 MK3, Analytical Development Co. Ltd., Pindar Road, Hoddesdon, Royaume-Uni; HONDA E IV 300 W) (1).

a) *Photosynthèse de la feuille*

En 1982, les mesures ont porté sur des feuilles du taillis de 2 ans. Il s'agit de feuilles entières portées par des brins dominants, elles sont âgées de 4 à 6 semaines et leur croissance est pratiquement terminée. Il a été fait appel à un système de type ouvert alimenté par une bouteille d'air comprimé (9 l, 200 bar). L'air utilisé est sec et d'une teneur en CO_2 de 475 vpm (ppm en volume; 1 vpm = 1 μl/l $\simeq$ 1 μbar).

(1) Les références des fabricants ou importateurs de matériel sont donnés à titre indicatif et ne constituent en aucun cas un soutien publicitaire.

Grâce à cette teneur élevée en CO_2, il est facile d'obtenir, par simple ajustement du débit, une concentration de 330 vpm dans la chambre d'assimilation (et ceci pour une large gamme d'activités photosynthétiques). La mesure de la photosynthèse nette se ramène donc à une mesure de débit, celui-ci est lu sur un débitmètre à flotteur préalablement étalonné.

La chambre d'assimilation, de dimensions 250 × 120 × 60 mm ($L \times l \times h$) est en plexiglas pour le dessus et les côtés et en PVC de couleur claire pour la partie inférieure, elle peut recevoir une feuille de châtaignier de dimensions maximales 210 × 75 mm (fig. 1). Le fond de la chambre constitue un tunnel équipé de deux ventilateurs miniatures de 24 mm de diamètre assurant un écoulement d'air important sur les deux faces de la feuille (Micronel/Bicel, BP 136, 94123 Fontenay-sous-Bois Cedex). Ce brassage est réglable en intensité par ajustement de la tension admise aux ventilateurs.

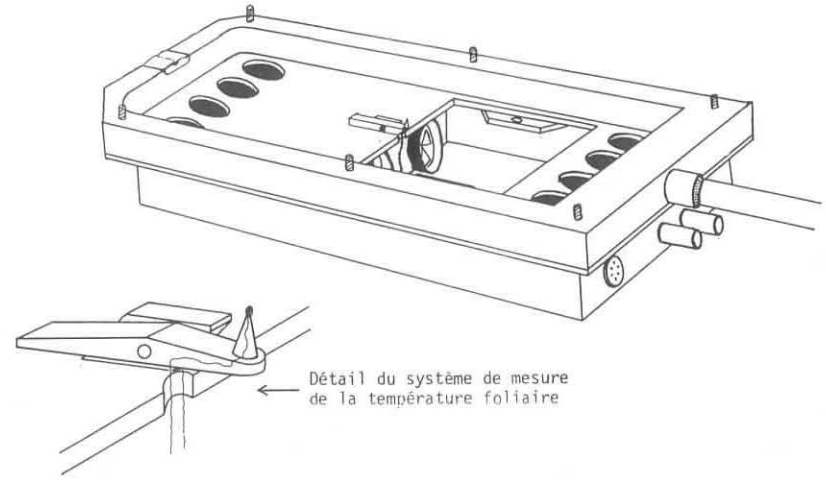

FIG. 1. — Vue de la chambre d'assimilation foliaire, couvercle et trappe de visite ôtés.

Les températures de l'air et de la feuille sont mesurées à l'aide de deux thermistances de caractéristiques électriques identiques (2 000 Ω à 25° C), le diamètre de la thermistance destinée à la mesure de la température foliaire est de 0,35 mm (Fenwal/Europavia-France, 92167 Antony Cedex).

La chambre n'est pas climatisée, on peut toutefois modérer l'échauffement en injectant dans la chambre un air plus froid que la température de travail.

L'humidité de l'air est élevée dans l'enceinte (HR > 70 %) comme l'ont démontré plusieurs contrôles à l'hygromètre à point de rosée (General Eastern/Elcowa BP 2475, Mulhouse). Comme l'air admis est sec, cette humidité résulte exclusivement de la transpiration foliaire.

La résistance stomatique n'a pas été mesurée dans l'enceinte, mais au poromètre dès la réouverture de la chambre, ceci dans un délai très bref (de l'ordre de 10 secondes). Aux éclairements élevés nous obtenons des valeurs faibles (0,5 à 1 sec cm^{-1}) ne différant en rien de la résistance mesurée sur d'autres feuilles de même âge situées en dehors de l'enceinte (Poromètre ΔT MK2, ΔT Devices, 128 Low road, Burwell, Cambrigde CB50EJ, Royaume-Uni).

La chambre d'assimilation est reliée au reste du dispositif par un câble multibrins et, pour le transport des gaz, par des tuyaux de PVC type « cristal ». Ces tuyaux sont, aux débits utilisés (20 à 100 l/heure) d'une étanchéité au CO_2 tout à fait satisfaisante.

Le rayonnement photosynthétiquement utilisable est mesuré à l'extérieur de la chambre par un capteur quantique et intégré sur la période de mesures à l'aide d'un millivoltmètre intégrateur (intégrateur ΔT MVI, Quantum sensor MACAM/Instrumat, BP 78, Z. A. de Courtabœuf, 91403 Orsay).

En fin de journée, les feuilles sont sacrifiées et amenées au Phytotron de Gif-sur-Yvette pour détermination de leur surface à l'aide d'un planimètre automatique (HAYASHI area meter, fabrication arrêtée).

b) *Photosynthèse d'une cépée entière*

En 1981 (année du recépage), les mesures ont porté sur une cépée entière. Un système clos a été employé à cette fin.

Un support de PVC, comportant une plaque épaisse de 25 mm, solidaire d'un cylindre pouvant s'enfoncer dans le sol, est disposé autour de la cépée (fig. 2). Ce support reçoit, pendant de très courtes périodes, une vaste cloche cylindrique d'altuglas. Cette cloche est ventilée mais non climatisée.

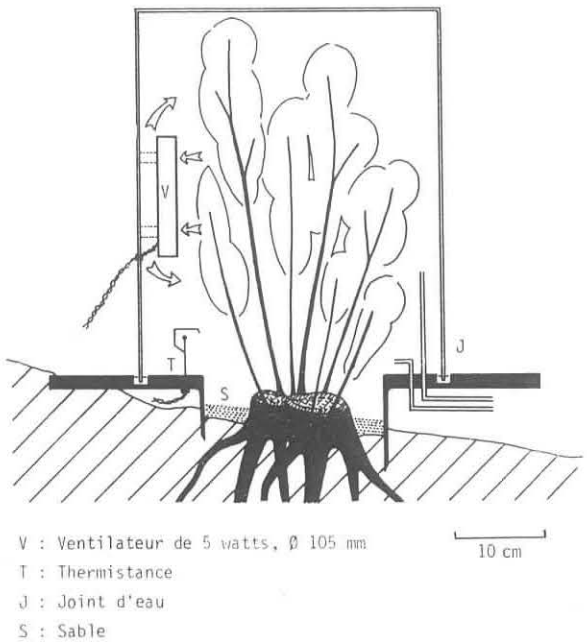

FIG. 2. — Mesure des échanges gazeux d'une cépée entière; schéma du dispositif en place.

Le volume de la cloche, initialement de 78 l, a dû être porté à 128 l à la fin du mois de juin en raison de la croissance rapide des rejets. Les mesures ont dû être définitivement abandonnées mi-juillet, la cépée atteignant 80 cm de hauteur et 2 m² de surface foliaire. La température est mesurée dans l'enceinte par une thermistance. Le rayonnement global est mesuré à proximité de la chambre d'assimilation avec un pyranomètre linéaire type INRA (COMBRES *et al.*, 1970) relié à un millivoltmètre intégrateur.

Dès l'instant où l'enceinte est abaissée sur la cépée, la concentration en gaz carbonique décroît. Elle est lue toutes les 30 secondes sur un millivoltmètre numérique relié à l'analyseur et permettant un affichage au vpm près. La mesure dure au maximum 2 minutes, ainsi l'élévation de la température reste limitée et l'apparition de buée sur les parois de l'enceinte est évitée. C'est généralement la période allant de 30 secondes à 1 minute 30 secondes qui est retenue pour le calcul de flux, car elle présente une pente très régulière. A signaler qu'en 1 minute, la chute de teneur en CO_2 peut atteindre 70 vpm.

c) *Biomasse sur pied et surface foliaire*

Parallèlement à ces mesures, la surface foliaire totale de la cépée est évaluée d'une manière non destructive en mesurant la longueur et la largeur de toutes les feuilles de la cépée.

On utilise ensuite la relation $SF = 0{,}678\ (L \times l) + 1{,}78$ où SF est la surface de la feuille, en centimètres carrés, L et l étant exprimés en centimètres. Cette relation a été obtenue par régression sur un échantillon de 80 feuilles prélevées sur d'autres cépées du même âge. Le coefficient de corrélation est de 0,995. Quid des 2 faces de la feuille?

L'estimation de la biomasse aérienne totale de la cépée devait également faire appel à un procédé non destructif. Elle utilise une représentation graphique simple entre la hauteur du brin et son poids sec, feuilles comprises.

La relation a été établie pendant la période de mesures (le 30 juin 1981) sur des brins d'autres cépées de petite taille situées dans la parcelle d'étude. La figure 3 montre que, à cette époque de l'année où les brins sont âgés de 6 semaines environ et en forte croissance, la relation est satisfaisante, même pour les brins portant déjà quelques ramifications.

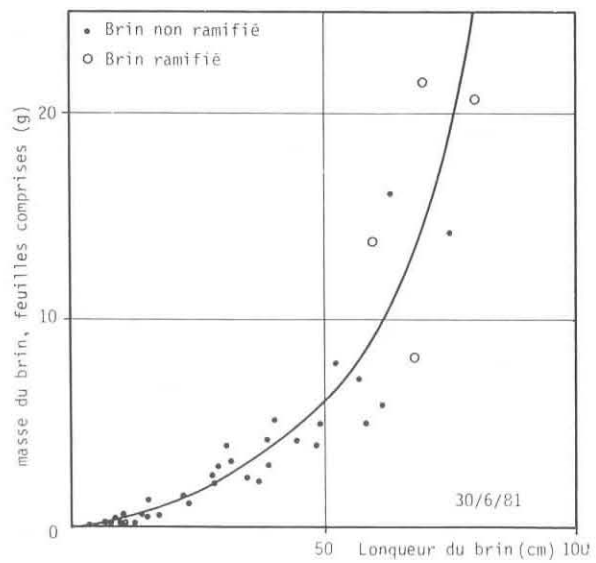

FIG. 3. — Relation entre la longueur et la masse de jeunes brins du taillis d'un an.

3. — RÉSULTATS

a) *Photosynthèse de la feuille (taillis de 2 ans)*

La relation photosynthèse/éclairement obtenue est classique (fig. 4). Nous ferons toutefois quelques constatations :

— le niveau maximal de photosynthèse nette ($\simeq$ 20 mg CO_2 dm^{-2} h^{-1}) est assez élevé,

— le point de compensation lumineux est bas, entre 25 et 50 μE m^{-2} s^{-1},

— le plateau de saturation lumineux débute vers 650 μE m^{-2} s^{-1}.

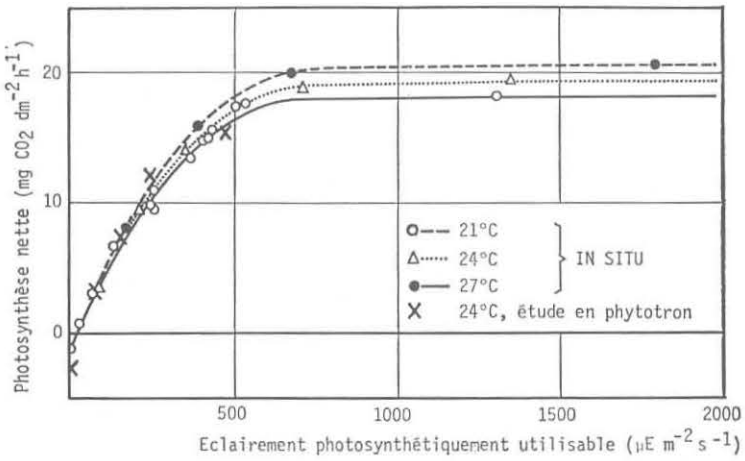

FIG. 4. — Action de l'éclairement sur la photosynthèse nette de la feuille de châtaignier. Taillis de 2 ans.

De l'examen du tableau I, il ressort que le châtaignier se situe non loin d'essences appréciées pour leur productivité élevée, lesquelles sont par ailleurs plus exigeantes que lui sur le plan nutrition minérale.

GONZALEZ-VALENZUELA (1983) mesure une assimilation nette de 15 mg CO_2 $dm^{-2}.h^{-1}$ au plateau de saturation lumineux chez des feuilles de châtaignier provenant de rameaux coupés la veille (taillis de 2 ans du Bas-Dauphiné).

Parallèlement à nos mesures *in situ*, des mesures de photosynthèse de feuilles sur rameaux détachés ont été menées au Phytotron de Gif-sur-Yvette (mesures effectuées le jour même de la cueillette avec un délai de 2 heures environ; circuit ouvert, température foliaire : 24° C, température de rosée de l'air entrant : 13° C). On remarquera (fig. 4) une excellente concordance entre les deux types de mesures, ce qui permet d'envisager une étude systématique des caractéristiques photosynthétiques de la feuille de châtaignier en laboratoire.

TABLEAU I. — *Photosynthèse nette de quelques espèces d'arbres.*

Auteurs	Espèce	*Pn* max. mg CO_2 $dm^{-2}.h^{-1}$ (éclairement saturant, CO_2 = 330 vpm, température optimale)
DUCREY, 1981	Hêtre (*Fagus silvatica*)	8-9
DUCREY, 1981	Chêne sessile (*Quercus sessiliflora*)	5-6
SCHMITT & CORNIC, 1971	Chêne sessile (*Quercus sessiliflora*)	8-12
GABRIELSEN, 1960	Frêne (*Fraxinus excelsior*)	20
GAUDILLÈRE, com. pers., 1979	Peuplier (*Populus euramericana*)	18-25
AUGER, 1978	Pommier (*Pirus malus*)	25
GAUDILLÈRE, com. pers., 1979	Peuplier baumier (*Populus trychocarpa*)	28-30

Pendant ces journées de mesure, plusieurs points ont attiré notre attention :

— tout d'abord, l'activité photosynthétique à saturation lumineuse reste stable en l'absence de contrainte hydrique, tout au long de la journée. Parallèlement, les mesures effectuées au poromètre sur de nombreuses feuilles n'ont pas décelé de fermeture stomatique en milieu de journée, le sol étant resté humide. Ces constatations rejoignent celles de COLLICARD (1982) qui a étudié le potentiel hydrique foliaire et la transpiration de taillis de châtaigniers du Bas-Dauphiné; il remarque qu'on n'observe pratiquement pas de régulation stomatique dans un taillis de 3 ans même au cours d'une sécheresse modérée;

— ensuite fin juillet, nous n'avons pas observé de signe de vieillissement des feuilles, c'est-à-dire que les premières feuilles apparues, âgées alors de 9 à 10 semaines, n'ont pas un niveau de photosynthèse maximale significativement différent de celui des feuilles plus jeunes.

b) *Photosynthèse d'une cépée dans sa première année*

Bien qu'il s'agisse là d'une plante entière, les mesures de photosynthèse mettent en évidence la présence d'un plateau de saturation lumineux marqué (fig. 5). Ce plateau se situe vers 7 mg CO_2 $dm^{-2}.h^{-1}$ pour des températures comprises entre 20 et 30° C et un peu plus bas (6 mg) de 30 à 35° C (LEROUX, 1981). Pendant la période de mesures (25 mai-15 juillet), cette relation n'a pas subi de modifications décelables.

L'assimilation nette de la cépée entière (exprimée par unité de surface foliaire) est donc trois fois plus faible que celle des feuilles de soleil bien exposées; ceci n'a rien de surprenant, compte tenu du grand nombre de feuilles ombragées et de feuilles immatures. Il est délicat de comparer ce rapport à celui qu'ont obtenu d'autres auteurs, le taillis âgé de quelques mois étant loin d'être un peuplement fermé; toutefois, des rapports variant de 1,5 à 4 sont fréquemment cités entre la photosynthèse maximale de la feuille et sa valeur moyenne au sein du couvert.

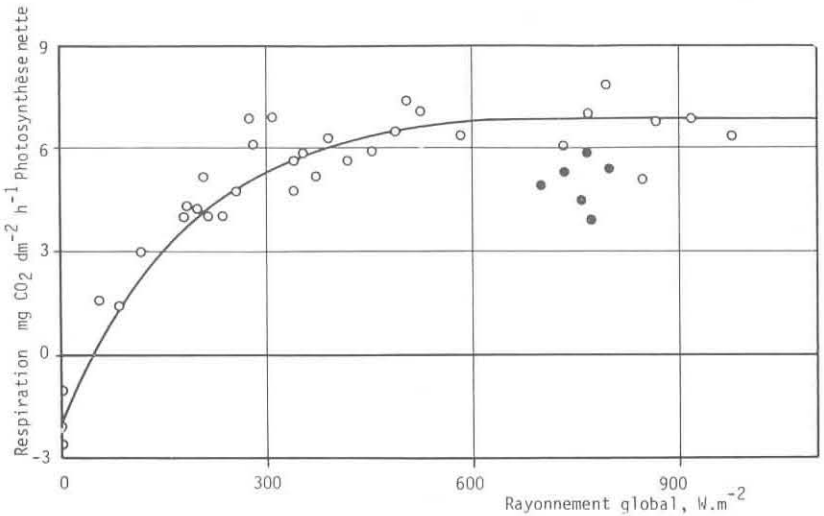

FIG. 5. — Photosynthèse nette d'une cépée entière, en fonction du rayonnement global incident. Taillis d'un an.

Points blancs : températures comprises entre 20 et 30° C.
Points noirs : températures comprises entre 30 et 35° C.

4. — ESTIMATION DE L'ASSIMILATION NETTE DE LA CÉPÉE EN 1981. DISCUSSION

La relation photosynthèse/éclairement s'étant révélée constante pendant la période de mesure et cette période n'ayant comporté aucune phase de détresse hydrique, nous pouvons tenter d'utiliser cette relation pour estimer, à partir des valeurs de rayonnement solaire et de surface foliaire, les gains de carbone de la cépée entière par assimilation et de les comparer à la croissance effective des parties aériennes.

1) *Rayonnement*

Nous disposons des valeurs journalières du rayonnement global (Rg) et de la fraction d'insolation n/N de la station INRA de La Minière, distante de 6,5 km de la station d'étude.

Connaissant les valeurs horaires du rayonnement extraterrestre Rg_0 calculées pour la latitude de la station, et la fraction d'insolation journalière n/N, nous pouvons estimer les valeurs horaires du rayonnement global Rg en supposant que les périodes ensoleillées sont également réparties au cours de la journée. Le total journalier des valeurs de Rg calculées est ensuite comparé à Rg mesuré et les données horaires sont éventuellement réajustées.

Ces valeurs horaires du rayonnement global sont utilisées pour calculer la photosynthèse nette à l'aide de la relation photosynthèse/éclairement établie pour la cépée

entière (fig. 5). Le calcul inclut les pertes par respiration nocturne, mais ne prend pas en compte les variations de température.

2) *Surface foliaire*

Les valeurs de surface foliaire utilisées dans le modèle sont journalières, elles sont interpolées à partir des valeurs effectivement mesurées sur la cépée les 5, 9 et 17 juin et 4 et 14 juillet. L'origine est fixée au 20 mai, à cette date les rejets atteignent 5 à 10 cm de long et les premières feuilles se développent.

A partir de ces éléments, le programme calcule journellement l'assimilation nette de la cépée et les gains correspondants en matière sèche, sur la base de 30 g de matière sèche pour 44 g de CO_2 assimilé. Nous sommes là devant l'hypothèse de la synthèse de glucides simples, en fait les gains ainsi calculés sont sensiblement surestimés, le rapport pouvant atteindre 65 g de CO_2 pour 30 g de matière sèche dans le cas de synthèse de lignine, l'amidon et la cellulose présentant des valeurs intermédiaires.

Il est maintenant possible de comparer la croissance réelle de la cépée à l'assimilation nette calculée (fig. 6).

Nous constatons que dans les semaines qui suivent le débourrement, les gains

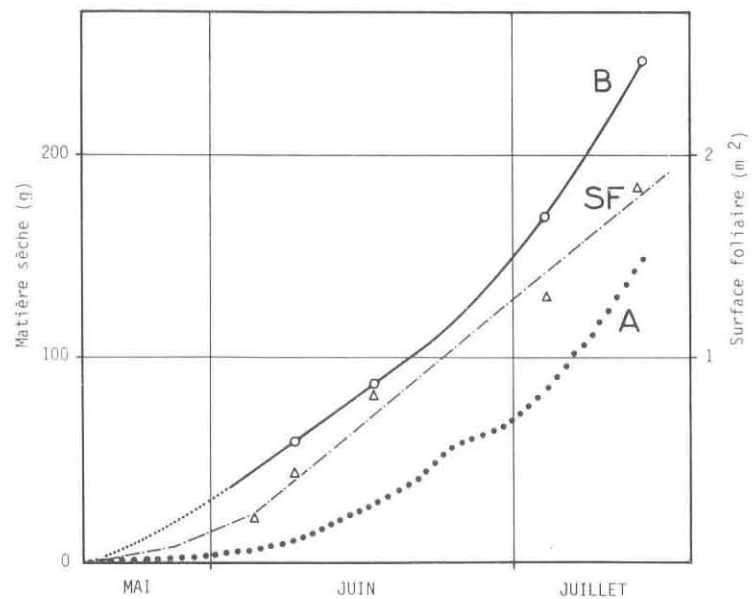

FIG. 6. — Croissance d'une cépée après la coupe. Évolution de la biomasse aérienne (B), de la surface foliaire (SF) et des gains de matière sèche (A), depuis le débourrement jusqu'à la mi-juillet.

par assimilation sont très inférieurs à l'accroissement réel de la cépée, ce qui laisse supposer une utilisation massive des réserves de la souche et des racines.

Par contre, à partir de début juillet, l'activité photosynthétique de la cépée semble prendre en charge la majeure partie de son accroissement en biomasse, les pentes des deux courbes étant comparables. Il aurait été intéressant d'étendre l'expérience à l'ensemble de la saison de végétation afin de confirmer cette dernière tendance et de mettre en évidence une éventuelle reconstitution des réserves à l'automne. A cette fin, il était nécessaire de prolonger les mesures de photosynthèse, la relation photosynthèse/éclairement pouvant être modifiée par le vieillissement des feuilles ou par l'évolution spatiale du jeune taillis. Une refonte totale du système de mesure (avec de considérables difficultés techniques, le volume du dispositif devenant très important) s'avérait nécessaire, elle ne put être envisagée. De plus, le milieu de l'été 1981 fut peu arrosé et notre modèle, très simple, ne tient pas compte d'une éventuelle carence hydrique.

DUBROCA (1983) a étudié la localisation et la mobilisation des réserves sur deux parcelles du même taillis (11 ans et 1 an). Elle a constaté que les réserves, chez le châtaignier, étaient, en grande partie, de nature glucidique. En particulier, on peut facilement observer au microscope de nombreux grains d'amidon au niveau des racines, dans les cellules du parenchyme. Ces observations histologiques, confirmées par des dosages, ont mis en évidence une importante mobilisation des réserves glucidiques souterraines au printemps. La teneur en glucides totaux de la partie souterraine passe de 80 mg g_{MS}^{-1} début avril à 45 mg g_{MS}^{-1} fin juillet pour le taillis de 12 ans (non coupé), et de 80 à 35 mg g_{MS}^{-1} aux mêmes dates pour le taillis d'un an (DUBROCA, 1983).

Ces données sont en bon accord avec l'estimation de la mobilisation des réserves de la cépée étudiée. En effet, à la mi-juillet, la biomasse des parties aériennes excède d'environ 80 g l'accumulation des assimilats (fig. 6). D'autre part, la souche utilisée pour les mesures de photosynthèse a été extraite (en coupant les grosses racines), puis séchée. Sa masse étant de 1 800 g, on peut estimer la quantité de glucides mobilisés à

$$1\,800(80 - 35) = 1\,800 \times 45 = 81\,000 \text{ mg ou } 81 \text{ g}$$

L'accord entre ces deux chiffres est probablement fortuit, mais encourageant, les deux estimations étant sous-estimées, la première parce qu'on a négligé la production racinaire, la seconde parce qu'on s'est limité à la souche à l'exclusion des racines comme organes de réserve.

CONCLUSION

Le châtaignier présente un niveau de photosynthèse assez élevé comparativement aux autres essences forestières, lui conférant un potentiel de production intéressant sur des sols potentiellement peu fertiles.

La comparaison entre l'assimilation de CO_2 par une cépée de l'année et la croissance de ses parties aériennes a permis de montrer que les réserves de la souche étaient utilisées pendant au moins 7 semaines après le débourrement (fig. 6). L'estimation de la quantité de réserves mobilisées est en bon accord avec les dosages de glucides totaux de DUBROCA (1983). Ceci explique en partie le bon comportement du châtaignier dans le traitement en taillis.

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier G. CORNIC et G. LOUASON, pour les mesures de photosynthèse qu'ils ont effectuées en conditions contrôlées au Phytotron de Gif-sur-Yvette.

BIBLIOGRAPHIE

AUGER S., 1978. — *Photosynthèse et respiration du pommier; cycle annuel en conditions naturelles et au laboratoire*. Thèse de 3e cycle, Montpellier, 99 pages + annexes.

COLLICARD J. J., 1982. — *Étude écophysiologique des taillis de châtaigniers* (Castanea sativa *Mill.*) *du bas Dauphiné en 1981 et 1982 : potentiel hydrique, résistance à la diffusion et transpiration des feuilles*. Thèse de 3e cycle, Grenoble, 42 p.

COMBRES J. C., BONHOMME R., BALDY Ch., GOILLOT Ch. et DE PARCEVAUX S., 1970. — Un pyranomètre linéaire destiné à la mesure du rayonnement sous couvert végétal. In: *Techniques d'étude des facteurs physiques de la biosphère*. INRA, p. 59-70.

CORNIC G. & SCHMITT A., 1971. — Action de l'ombrage sur le dégagement de CO_2 à la lumière de *Quercus sessiliflora* Salisb. *Physiol. Vég.*, **9** (3), 453-460.

DUBROCA E., 1983. — *Évolution saisonnière des réserves dans un taillis de châtaigniers*, Castanea sativa *Mill., avant et après la coupe*. Thèse de 3e cycle, Université de Paris-Sud, Orsay.

DUCREY M., 1981. — Étude bioclimatique d'une futaie feuillue (*Fagus silvatica* L. et *Quercus sessiliflora* Salisb.) de l'Est de la France. III. Potentialités photosynthétiques des feuilles à différentes hauteurs dans le peuplement. *Ann. Sci. forest.*, **38** (1), 71-86.

GABRIELSEN E. K., 1960. — Beleuchtungsstärke und Photosynthese. In : RUHLAND W., *Handbuch der Pflanzenphysiologie*, V, **2**, 27-48.

GONZALEZ-VALENZUELA S., 1983. — *Échanges de* CO_2 *des taillis de châtaigniers* (Castanea sativa *Mill.*). *Détermination des paramètres et évaluation du gain de matière organique des parties aériennes d'après des mesures gazométriques faites en laboratoire*. Thèse 3e cycle, Grenoble.

LEROUX M., 1981. — Mesure *in situ* des échanges de CO_2 d'une jeune cépée de châtaigniers (*Castanea sativa* Miller). Rapport de DEA, Orsay, 47 p.